Aus der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. E. Kern

PERIPHERE UND ZENTRALE TEMPERATURÜBERWACHUNG BEI GEFÄSSCHIRURGISCHEN PATIENTEN UNTER INTRAOPERATIVER VERWENDUNG EINER HEIZMATTE

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Otto Felkel

aus Münchberg

Würzburg, den 18. Juni 1980

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. E. Kern

PERIPHERE UND ZENTRALE TEMPERATURÜBERWACHUNG BEI GEFÄSSCHIRURGISCHEN PATIENTEN UNTER INTRAOPERATIVER VERWENDUNG EINER HEIZMATTE

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Otto Felkel
aus Münchberg

Würzburg, den 18. Juni 1980

Referent:	Prof. Dr. med. M. Sperling
Korreferent:	Prof. Dr. med. E. Kern
Dekan:	Prof. Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 30.7.1980

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg

MEINER FRAU UND MEINEN KINDERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0032

Seite

VII. 2.	Patient A. G.	36
VII. 2. 1.	Operationsverlauf	36
VII. 2. 2.	Beschreibung des Temperaturkurvenverlaufs	37
VII. 2. 3.	Interpretation des Temperaturkurven-verlaufs	39
VII. 3.	Patient A. K.	41
VII. 3. 1.	Operationsverlauf	41
VII. 3. 2.	Beschreibung des Temperaturkurvenverlaufs	42
VII. 3. 3.	Interpretation des Temperaturkurvenverlaufs	45
VIII.	Diskussion	49
IX.	Zusammenfassung	52
X.	Literaturliste	53

II. EINLEITUNG

Gefäßerkrankungen haben eine hohe Incidenz. Dabei ergibt sich immer häufiger die Notwendigkeit eines gefäßchirurgischen Eingriffs.
Vor allem ausgedehnte Operationen wie die Rekonstruktion der Beckenetage erfordern eine genaue intra- und postoperative Überwachung des Patienten, sowie zahlreiche Maßnahmen zur Erhaltung der Homöostase des Organismus, insbesondere im Hinblick auf die Kreislaufregulation, das Gerinnungssystem, die periphere Durchblutung und den Wärmehaushalt.

Die kontinuierliche prä-, intra- und postoperative Messung von Haut- und Rektaltemperatur stellt ein nicht-invasives Verfahren zur Überwachung gefäßchirurgischer Patienten bezüglich Wärmehaushalt und peripherer Durchblutung dar. Insbesondere kann bei intraoperativer Wärmezufuhr mit Temperaturmessungen eine exakte Verlaufskontrolle erfolgen.

III. WÄRMEHAUSHALT UND THERMOREGULATION

Die Körperkerntemperatur des Menschen wird durch den thermoregulatorischen Regelkreis auf einem Sollwert von durchschnittlich 37°C stabilisiert. Dieses System kann man, regeltechnisch betrachtet, folgendermaßen untergliedern: Temperaturregulationszentrum, Stellglieder (Wärmeproduktion, Wärmeabgabe), sowie die beide Funktionsträger miteinander verknüpfenden Afferenzen (Thermorezeptoren und sensible Nervenfasern) und Efferenzen (motorische Nervenfasern, Sympathikus, Hormone).

Die Regulationsvorgänge, die in diesem System ablaufen, werden durch drei Größen bestimmt:

- Sollwert der Körperkerntemperatur: dieser ist nicht nur im Rahmen der Tagesperiodik veränderlich (um 0,7 - 2,1°C), sondern auch im Zusammenhang mit der Fieberreaktion des Körpers (Sollwerterhöhung durch Pyrogene), sowie bei körperlicher Tätigkeit (Sollwerterhöhung).
- Ist-Wert der Körperkerntemperatur: Jede Störung der Wärmebilanz des Organismus (Auskühlung, Überwärmung) oder bspw. eine Sollwertverschiebung führt zu einer Differenz zwischen dem Ist- und dem Sollwert der Körperkerntemperatur. Dieser Vorgang löst umgehend entsprechende Reaktionen der Stellglieder aus (Wärmeproduktion, Wärmeabgabe), um Soll- und Ist-Wert der Kerntemperatur wieder einander anzunähern.
- Störgrößen: alle Einflüsse auf den Körper, die Regulationsvorgänge des Organismus zur Aufrechterhaltung der Konstanz der Kerntemperatur erforderlich machen, bezeichnen wir als Störgrößen. Der thermoregulatorische Regelkreis ist in der Lage, auf Störgrößen durch entsprechende Veränderungen von Wärmeproduktion und Wärmeabgabe

direkt zu reagieren, bevor Abweichungen des Ist-Wertes vom Sollwert der Körperkerntemperatur auftreten (ASCHOFF (1971); KEIDEL (1973)).

IV. HAUTTEMPERATUR UND PERIPHERE DURCHBLUTUNG

Die Hauttemperatur und die periphere Durchblutung sind zwei eng miteinander in Zusammenhang stehende Größen. Die Art ihres Zusammenhangs insbesondere unter den hier dargestellten Meßbedingungen sollen näher erläutert werden:

- Es geht bei diesen Untersuchungen darum, die Hauttemperaturänderungen als ein qualitatives, klinisch verwertbares Maß für die Änderung der peripheren Durchblutung einzusetzen.
- Umgebungsbedingungen, Ablauf der Operationen, die postoperative Phase, sowie die Begleitumstände der Operationen können als weitgehend standardisiert und gut vergleichbar angesehen werden.

- Das Patientengut besteht ausschließlich aus Patienten mit fortgeschrittenen arteriellen Verschlußerkrankungen; die periphere Durchblutung ist also bei allen untersuchten Patienten mehr oder weniger stark reduziert.

ASCHOFF (1958) und FERRIS (1947) konnten nachweisen, daß im Bereich niedriger Durchblutungswerte eine direkte Abhängigkeit der Hauttemperatur von der peripheren Durchblutung besteht (s. Abb. 1).

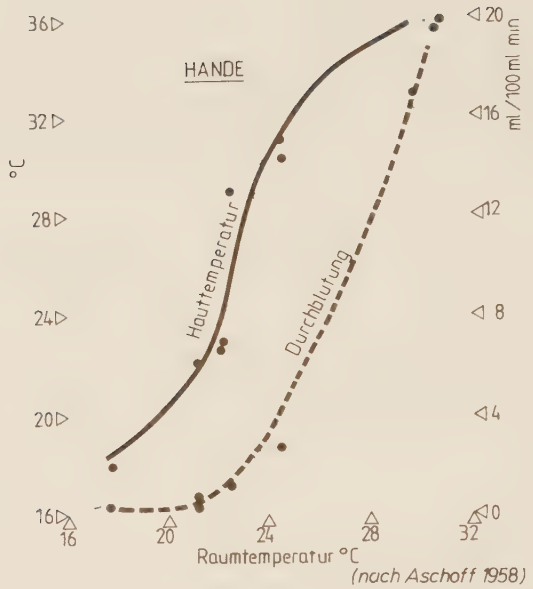

Abb. 1: Hauttemperatur und periphere Durchblutung der Hand in Abhängigkeit von der Raumtemperatur; mit der Zunahme der peripheren Durchblutung steigt die Hauttemperatur in Abhängigkeit davon an. Ab einer bestimmten Durchblutungsgröße stellt sich dann ein Hauttemperaturplateau ein, d.h. eine Abhängigkeit der Hauttemperatur von der Durchblutung ist nur im Bereich niedriger Durchblutungsgrößen gegeben (nach ASCHOFF (1958)).

Die Konsequenz daraus, nämlich die erhöhte Aussagekraft der Hauttemperaturmessung im Hinblick auf die periphere Durchblutung im Bereich niedriger Durchblutungsgrößen (z.B. bei Patienten mit arterieller Verschlußerkrankung) haben SOULEN (1972) und EVANS (1976) gezogen. Diese Autoren arbeiten mit der Thermographie und haben bestimmte Temperaturverteilungsmuster auf der Hautoberfläche der Beine bei Patienten mit bestimmten Verschlußtypen der arte-

riellen Gefäße der unteren Extremität nachgewiesen.

- Während der intraoperativen Phase kommt es durch die zahlreichen medikamentösen Substanzen, die zur Prämedikation und Narkose verwandt werden, zu einer generellen peripheren Vasodilatation. Das führt dazu, daß normalerweise unterschiedlich stark durchblutete Gefäßgebiete (Haut, Muskulatur, Körperoberfläche, tiefer gelegene Gewebe) nun gleichmäßiger vom Blut durchströmt werden. Eine Änderung der Gesamtdurchblutung einer Extremität wirkt sich unter den Bedingungen einer Narkose daher in allen Gefäßgebieten gleichmäßiger aus; die Hautdurchblutung und damit die Hauttemperatur korrelieren dadurch besser mit der Gesamtdurchblutung der Extremität.

- Die sauren Stoffwechselprodukte, die sich nach einer Unterbrechung des arteriellen Zustroms intraoperativ im Gewebe ansammeln, führen nach der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn zu maximaler Vasodilatation in allen betroffenen Gefäßgebieten. Dadurch wird die Aussagekraft der Hauttemperaturmessung im Hinblick auf die periphere Durchblutung verbessert, da Änderungen der Gesamtdurchblutung einer Extremität in allen betroffenen Gefäßbereichen (Haut, Subcutangewebe, Muskulatur) gleichmäßiger zur Wirkung kommen.

V. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

V.1. PATIENTENGUT

Die Untersuchungen sind im Zeitraum vom 3. Juni 1977 bis zum 26. Februar 1979 durchgeführt worden.
Es handelt sich um 22 Patienten, darunter eine Frau, deren durchschnittliches Alter 57 Jahre (36 - 72 Jahre) beträgt.
Die Altersverteilung ist aus Abb. 2 zu entnehmen. Das Körpergewicht der Patienten ist durchschnittlich 63 kg (45 - 80 kg), die Körperlänge 165 cm (154 - 175 cm).
Bei allen Patienten liegt eine arterielle Verschlußerkrankung der Gefäße im Beckenbereich und in der unteren Extremität vor. Die pathologischen Veränderungen der Gefäßstrombahnen (Stenosen, komplette Verschlüsse, Kollateralen) sind dabei in erster Linie im Becken- und Oberschenkelbereich lokalisiert. Nach der Stadieneinteilung von FONTAINE sind 10 Patienten dem Stadium II zuzuordnen mit Gehstrecken auf dem Laufband unter standardisierten Bedingungen von 50 - 100 m, 7 Patienten dem Stadium III und 5 Patienten dem Stadium IV. Therapeutisch wird in allen Fällen die Implantation einer aorto-bifemoralen Dacron-Gefäßprothese durchgeführt.

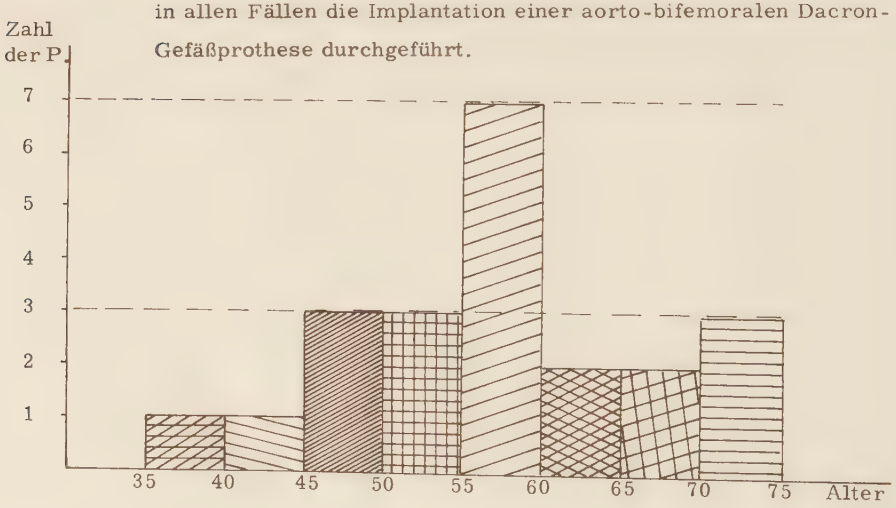

Abb. 2: Altersverteilung der Patienten

V.2. DURCHFÜHRUNG DER TEMPERATURMESSUNGEN

Bei den Messungen wird ein Telethermometer der Yellow Spring Instrument Co., Ohio, USA, mit Zeigerausschlag benutzt. Der Abstand zweier Skalenstriche beträgt 0,2°C, so daß Ablesefehler im Bereich von 0,1°C unvermeidbar sind. Sechs Thermosonden der gleichen Firma lassen sich gleichzeitig an das Gerät anschließen und sind einzeln abrufbar. Bei einer Überprüfung der Meßgenauigkeit der Thermosonden ergeben sich Abweichungen von weniger als 0,1°C in dem den Messungen zu Grunde liegenden Meßbereich.
Temperaturen werden an verschiedenen Hautstellen und rektal abgeleitet. Die Sonde für die Rektaltemperaturmessung benötigt eine Zeit von 0,7 sec, die für die Hauttemperaturmessung von 1,1 sec bis zur genauen Einstellung des Meßwertes.

Die Rektalsonde wird 15 cm weit in den Enddarm eingeführt und im Dammbereich mit Heftpflaster fixiert.

Die Meßstelle der Hauttemperatur am Oberschenkel liegt lateral, in der Mitte zwischen Trochanter major und Epicondylus femoris lateralis, während am Unterschenkel die Meßstelle auf der Verbindungslinie zwischen dem Caput fibulae und dem Malleolus lateralis am Übergang vom proximalen zum distalen Drittel ebenfalls lateral liegt.

Die Hauttemperatursonden werden auf der zuvor rasierten Haut mit 5 x 5 cm großen Pflasterstreifen fixiert.

Die erste Temperaturmessung erfolgt unmittelbar nach dem Anbringen der Meßsonden kurz vor der Prämedikation um 7.20 Uhr morgens. Von diesem Zeitpunkt an werden die Meß-

werte kontinuierlich im 10-minütlichen Abstand registriert. Zusätzliche Messungen bei besonderen Ereignissen (u.a. Gefäßeröffnung, Aufdecken des Patienten bei Operationsende), sowie im Verlauf wichtiger Phasen der Temperaturkurven (z.B. Anstiegsphase) sollen eventuelle Beziehungen zwischen dem Temperaturverhalten und der jeweiligen Maßnahme aufdecken. Vier Stunden nach dem Ende der Operation stellt sich im Verlauf aller Temperaturkurven ein waagrechtes Plateau ein. Deshalb werden zu diesem Zeitpunkt die Messungen beendet.

Im Zusammenhang mit der Lokalisation der Hauttemperaturmeßsonden sind anfangs einige vermeidbare Komplikationen aufgetreten: Die Hauttemperaturfühler an den Oberschenkeln müssen weit genug lateral plaziert werden, um eine Behinderung der präoperativen Hautdesinfektion zu vermeiden und um zu verhindern, daß Pflasterstreifen sich durch die Einwirkung der Desinfektionsflüssigkeiten von der Haut lösen.
Am Unterschenkel muß darauf geachtet werden, daß die Hauttemperatursonde bei Außenrotation der Beine nicht in unmittelbare Nähe der Heizmatte oder in Kontakt mit ihr gerät. Die Plazierung der Hauttemperaturfühler am Unterschenkel darf also nicht zu weit lateral erfolgen.

Der Hauttemperaturmeßpunkt am Oberschenkel liegt weit genug von der Leistenincision entfernt, um eine direkte Beeinflussung auszuschließen (z.B. Auskühlung, Manipulationen).

V. 3. OPERATIONSVORBEREITUNG

Am Morgen des Operationstages erhält der Patient 5000IE Heparin subcutan injiziert.
Bauch und Leistenbereich werden zur Desinfektion mit alkoholgetränkten Tüchern bedeckt.
Die Verabreichung der Prämedikation erfolgt unmittelbar nach dem Beginn der Temperaturmessungen:
0,1 mg/10 kg Körpergewicht Atropin, sowie 1,5 ml Thalamonal^{R} (bis 60 kg Körpergewicht), bzw. 2,5 ml Thalamonal^{R} (über 60 kg Körpergewicht) intramuskulär.
(1 ml Thalamonal^{R} = 0,05 mg Fentanyl + 2,5 mg Droperidol)

Anschließend wird der Patient zum Operationssaal gebracht und an der Schleuse vom Bett (Temperatur unter der Bettdecke: 29^{o}C) auf den Operationstisch umgelagert. Die Raumtemperatur beträgt an der Schleuse 24 $\pm$ 1^{o}C, im Vorbereitungsraum 23,5 $\pm$ 1^{o}C. In dieser Umgebung liegt der Patient zwischen 5 und 30 min nur mit einem dünnen Leinentuch bedeckt auf dem Operationstisch bis zur Einleitung der Narkose. Danach wird er in den Operationssaal gebracht, wo die Klimaanlage konstante Umgebungsbedingungen gewährleistet: Raumtemperatur: 23 $\pm$ 1^{o}C; Luftfeuchtigkeit: 55 $\pm$ 5%; Luftwechsel ca. 16mal pro Stunde.

Die präoperative Desinfektion des Operationsfeldes geschieht durch Abwaschen des Abdomens, des Leistenbereiches und des proximalen Oberschenkels mit Alkohol (70%) und Merfen^{R}, jeweils dreimal.
Der Patient wird dann mit Leinentüchern abgedeckt, das Operationsfeld selbst mit einer Plastik-Haftfolie beklebt. Der Patient liegt während der Operation auf einer Heizmatte (Aquamatik K.^{R} Thermia, Modell RK-625 der Firma Gorman Rupp-

Industries Div., Belleville, Ohio, USA), die etwa den Abmessungen des Operationstisches entspricht.
Es handelt sich dabei um eine Gummimatte, die ein flüssigkeitsgefülltes Röhrensystem enthält, in dem mit Hilfe einer Pumpe und eines Heizelementes ein erwärmtes Äthanol-Wasser-Gemisch zirkuliert.

V.4. ANÄSTHESIE UND INFUSIONSTHERAPIE

Alle Patienten erhalten die gleiche Narkose. Die Einleitung erfolgt mit 3 mg/kg Thiopental und 1 mg/kg Succinylcholin. Zur Aufrechterhaltung der Narkose nach endotrachealer Intubation dienen durchschnittlich 0,8 Vol.% Halothan (je nach Bedarf 0,5 - 1,5 Vol.%) in einem Lachgas-Sauerstoffgemisch (2:1), sowie 0,1 mg/kg Alloferin (bei Bedarf). Um die Narkose zu vertiefen, ohne die Halothankonzentration erhöhen zu müssen, bzw. um sie erniedrigen zu können (Herz-Kreislauf-Wirkung des Halothan!), wird, wenn erforderlich, intermittierend jeweils 0,1 mg Fentanyl als Einzeldosis injiziert.

Die Narkosegase werden weder angefeuchtet noch erwärmt, die Temperatur im Narkosesystem schwankt zwischen 23 - 28°C; Sie nimmt mit der Dauer der Narkose kontinuierlich zu.

Zur Deckung des Flüssigkeits-, Elektrolyt-, Eiweiß-, und Volumenbedarfs dienen durchschnittlich drei Liter verschiedener Lösungen: Elektrolyte, Glucose, Laevulose, PPL und Plasmaexpander. Ihre Temperatur entspricht der Raumtemperatur, also 23°C. Die Transfusion von 1 - 3 Blutkonserven gleicht den Verlust an korpuskularen Blutbestandteilen aus.

Die Temperatur des transfundierten Blutes beträgt 37°C, da es in einem speziell für diesen Zweck zur Verfügung stehenden Gerät (BOSCH HÄMOTHERM) auf Körpertemperatur erwärmt wird.

V. 5. OPERATIONSABLAUF

Die Operation beginnt mit der beidseitigen Freilegung der Teilungsstelle der A. femoralis communis in die A. fem. superficialis und die A. fem. profunda am Oberschenkel. Die Blutzirkulation wird dabei nicht unterbrochen.
Danach erfolgt die Eröffnung des Abdomens durch quere Unterbauchlaparotomie. Zur Darstellung des Retroperitoneums werden die Darmschlingen aus dem Bauchraum nach außen verlagert und entweder mit einer Plastikfolie oder mit heißen Bauchtüchern umhüllt. Nach sorgfältiger Freipräparation der Aorta abdominalis und der Iliacalgefäße im Retroperitonealraum wird die Aorta unterhalb des Abgangs der Nierenarterien abgeklemmt und schräg durchtrennt. Wenn erforderlich, findet eine Desobliteration des proximalen Aortenstumpfes statt und geht der Anastomosierung (End-zu-End, bzw. in zwei Fällen End-zu-Seit) mit der Kunststoffgefäßprothese voraus.
Die A. iliaca communis wird beidseits ligiert. Das Durchziehen der beiden Prothesenschenkel in die distalen Wunden erfolgt retroperitoneal entlang der Beckenarterien. Auch hier findet erforderlichenfalls eine Desobliteration statt im Anschluß an die Arteriotomie der A. femoralis. Die distale Anastomose wird End-zu-Seit mit der A. femoralis communis unmittelbar proximal der Teilungsstelle oder mit der A. femoralis profunda zur Profundarevascularisierung End-zu-End hergestellt.

Nach dem Abdichten der Gefäßprothese und der Anastomosen und dem Einlegen der Drainagen werden erst das Abdomen, dann die Oberschenkelwunden verschlossen.

V.6. POSTOPERATIVE PHASE

Unmittelbar nach dem Verschluß aller Operationswunden werden die Abdecktücher entfernt, womit der Patient den Umgebungsbedingungen des vollklimatisierten Operationssaales wieder direkt ausgesetzt ist.
Während der Narkoseausleitung erfolgen die Desinfektion des Nahtbereiches und das Anlegen der Verbände.
Sobald der Patient in erforderlichem Maße wach ist, wird er zur Schleuse gefahren und vom Operationstisch in sein Bett umgelagert. Das Bett wurde durch eine elektrische Heizdecke bereits seit einer Stunde vorgewärmt. Die röntgenologische Lagekontrolle des zentralen Venenkatheters ist in jedem Fall erforderlich. Dies dauert etwa 20 Min und bringt für den Patienten ein Aufdecken des Oberkörpers, den Kontakt mit der kalten Röntgenkassette und die i.v. Injektion von Kontrastmittel mit sich.
Danach kommen die Patienten auf Station und stehen die ersten Tage unter besonderer Beobachtung.
Die Überwachungsmaßnahmen bestehen aus der kontinuierlichen Registrierung des EKG (Monitor), der RR-Messung in anfangs viertel- bis halbstündlichem-, später in stündlichem Abstand und der stündlichen Kontrolle der Urinausscheidung.
Die Infusionstherapie ist in den ersten 12 Stunden postoperativ nach Möglichkeit standardisiert, die Temperatur der infundierten Flüssigkeiten entspricht der Raumtemperatur im Wachzimmer (25^{o}C): 3 Liter Flüssigkeit, davon 1 Liter Laevulose, 1 Liter

Sterofundin, 1 Liter Gemisch (0,45% NaCL, 5% Glucose), 25 mval KCl, 1 Amp. Dusodril, 10 000 IE Heparin. Bei Bedarf erhält der Patient zusätzlich Plasmaexpander, sowie Schmerzmittel (Novalgin, Dolantin oder Fortral). Nach der Implantation einer Kunststoffgefäßprothese erhält der Patient zur Infektionsprophylaxe 2 Amp. Bactrim in 250 ml Laevulose.

Bei gefäßchirurgischen Patienten gehören bestimmte Maßnahmen, die der Erwärmung des Körpers und der Förderung der Durchblutung in der unteren Extremität dienen, routinemäßig zur postoperativen Therapie:

- Watteverband der unteren Extremität
- Placierung zweier Gummiwärmeflaschen im Fuß- und Unterschenkelbereich jeden Beines. (Es ist darauf zu achten, daß durch die Wärmeflaschen keine Beeinflussung der Temperaturmeßwerte erfolgt.)
- Applikation von 2x2 oder 2x3 Amp. Dusodril^{R}/die zur medikamentösen Vasodilatation.

VI. ERGEBNISSE

VI.1.1. Vergleich der Temperaturkurven: ohne-mit Heizmatte

Die kontinuierliche prä-, intra- und postoperative Messung von Haut- und Rektaltemperatur zeigt typische Kurvenverläufe:

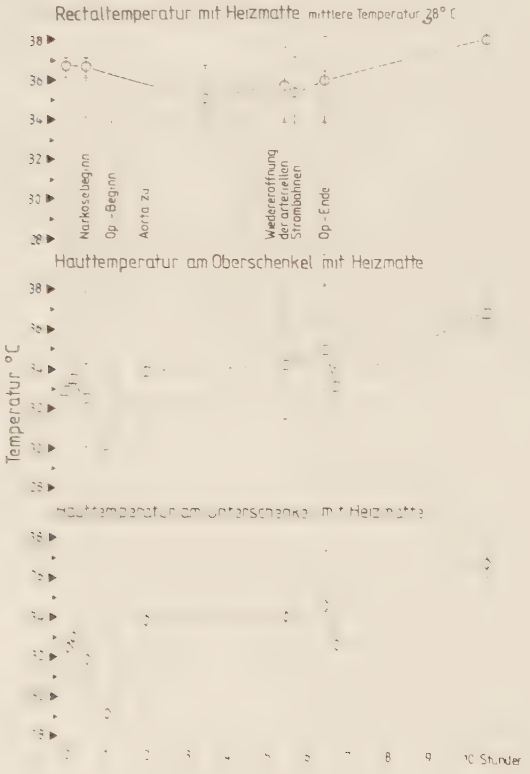

Abb. 3: Haut- und Rectaltemperaturkurven - typischer Verlauf bei Patienten mit Heizmatte. Markierung wichtiger Zeitpunkte im Überwachungszeitraum.

Die Rektaltemperatur bleibt zunächst bis Narkosebeginn konstant, sinkt dann kontinuierlich ab und steigt nach etwa der Hälfte der Operationszeit wieder an. Nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn zeigt sich ein geringer Temperaturabfall.

Der Verlauf der Hauttemperaturkurven läßt sich in einzelne Phasen unterteilen:

- ein nur kurzdauernder, initialer Anstieg unmittelbar nach Anbringen der Meßsonden
- ein nachfolgender steiler und ausgeprägter Temperaturabfall, der kurz vor Operationsbeginn umschlägt in eine Phase ebenso steilen Wiederanstiegs, bis die Durchströmung der Aorta abdominalis unterbrochen wird
- eine sich anschließende Plateauphase mit nur sehr geringer Veränderung der Hauttemperatur
- eine kurze Anstiegsphase von der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn an bis zum Ende der Operation
- ein kurzfristiger steiler Temperaturabfall unmittelbar nach dem Ende der Operation
- ein sich anschließender stetiger Temperaturanstieg, der nach etwa vier Stunden in eine Plateauphase übergeht.

ARMANN (1980) hat unter identischen Bedingungen, lediglich ohne intraoperative Verwendung einer Heizmatte Temperaturmessungen durchgeführt. Die von ihm ermittelten Kurvenverläufe zeigt Abb. 4:

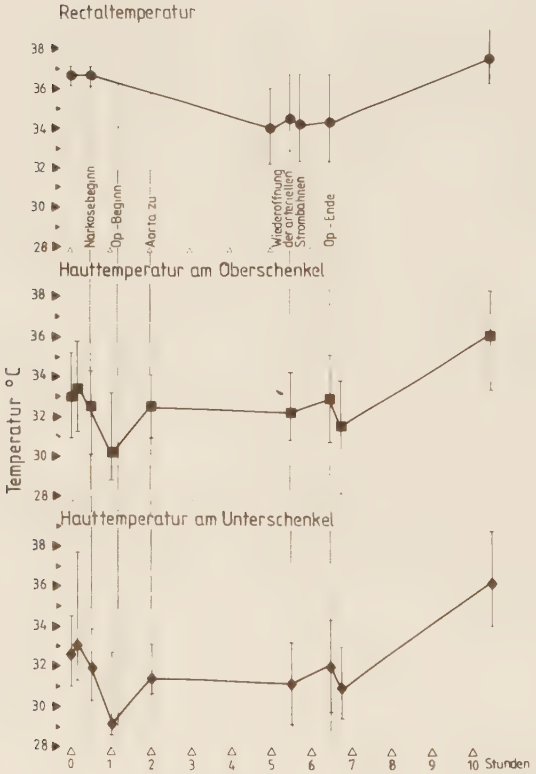

Abb. 4: Typischer Verlauf von Haut- und Rektaltemperaturkurven (prä-, intra- und postoperativ) bei Implantation einer aorto-bifemoralen Gefäßprothese; ohne intraoperative Wärmezufuhr (nach ARMANN (1980)).

Bei äußerer Wärmezufuhr mit einer Heizmatte, auf der der Patient während der Implantation einer aorto-bifemoralen Gefäßprothese liegt, ändert sich der Temperaturkurvenverlauf. Die Untersuchungen über das Verhalten der Temperaturen im Rektum (Kerntemperatur) und an den unteren Extremitäten (Hauttemperatur) unter Verwendung einer Heizmatte zeigen erhebliche Abweichungen von den durch ARMANN gewonnenen Ergebnissen. Einen Vergleich der unter verschiedenen Bedingungen (mit bzw. ohne Heizmatte) erhaltenen Temperaturkurven zeigt folgende Abbildung:

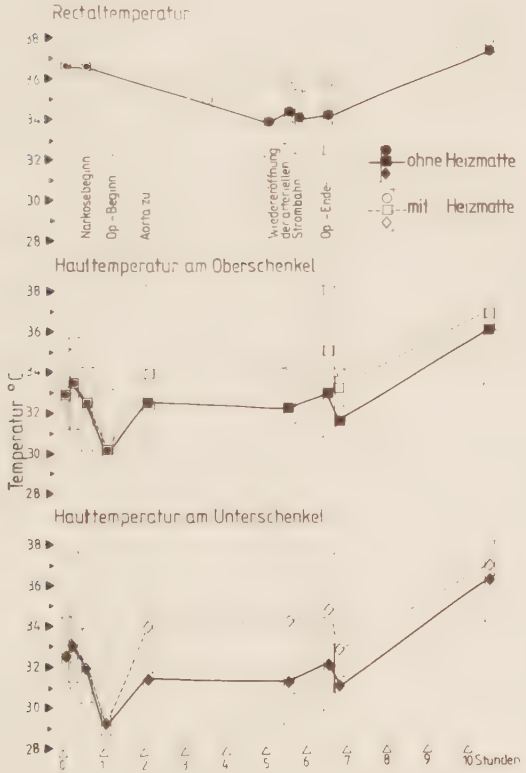

Abb. 5: Haut- und Rektaltemperaturkurven bei Patienten mit und ohne Heizmatte in ihrem typischen Verlauf, vergleichend gezeichnet.

VI.1.2. VERLAUF DER REKTALTEMPERATUR WÄHREND DER ÜBERWACHUNG

Die Rektaltemperatur fällt bei Verwendung der Heizmatte weniger stark ab und zeigt damit auch einen geringeren Wiederanstieg. Der Kurvenverlauf ist in seinem mittleren Teil abgeflacht (siehe Abb. 3 und 5).

°C	Ausgangswert der Rektaltemperatur	Betrag d. tiefsten Abfalls d. Rekt.. temp.	Betrag d. Wiederanstiegs d. Rekt. temp.	Endwert der Rektaltemperatur
mittlerer Temperaturwert	36,6	-2,1	+2,2	37,7
Schwankungsbereich	36,0-37,4	1,2-3,7	0,3-4,1	36,4-39,1

Tab. 1: Darstellung der Rektaltemperatur zu Beginn und am Ende des Überwachungszeitraumes, des Betrags des tiefsten Abfalles der Rektaltemperatur während der Operation, des Betrags des Wiederanstiegs der Rektaltemperatur während und nach der Operation bei Patienten mit Heizmatte.

°C nach ARMANN (1980)	Ausgangswert der Rektaltemp.	Betrag d. tiefsten Abfalls d. Rekt. temp.	Betrag d. Wiederanstiegs d. Rekt. temp.	Endwert d. Rektaltemperatur
mittlerer Temperaturwert	36,7	-2,5	+3,3	37,6
Schwankungsbereich	36,1-37,1	0,6-4,6	1,1-4,5	36,2-38,9

Tab. 2: Darstellung der Rektaltemperaturen zu Beginn und am Ende des Überwachungszeitraumes, des Betrags des tiefsten Abfalls der Rektaltemperatur während der Operation, des Betrags des Wiederanstiegs der Rektaltemperatur während und nach der Op. bei Pat. ohne Heizmatte.

Da den Patienten nur intraoperativ Wärme zugeführt wurde, sind die Ausgangs- und Endwerte der Rektaltemperaturkurve, d.h. die Rektaltemperaturen zu Beginn und am Ende des Überwachungszeitraumes unabhängig vom Einfluß der Heizmatte.

°C	Tiefster Abfall ohne Heizmatte	Tiefster Abfall mit Heizmatte	Wiederanstieg ohne Heizmatte	Wiederanstieg mit Heizmatte
mittlerer Temperaturwert	-2,5	-2,1	+3,0	+2,2
Schwankungsbereich	0,6-4,6	1,2-3,7	1,1-4,5	0,3-4,1

Tab. 3: Ausmaß des tiefsten Abfalls und des Wiederanstiegs der Rektaltemperatur in Grad Celsius. Gegenüberstellung der Temperaturwerte bei Patienten mit und ohne (nach ARMANN (1980)) Heizmatte.

VI.1.3. VERLAUF DER HAUTTEMPERATUR WÄHREND DER ÜBERWACHUNG

Der Verlauf der Hauttemperaturkurven läßt sich in einzelne Phasen unterteilen (siehe VI.1.1.).

Nach Abklemmung der Aorta abdominalis haben die Hauttemperaturkurven entweder weiterhin ansteigende Tendenz, oder es stellt sich ein Temperaturplateau ein, das auf einem höheren Niveau als die Temperaturkurve eines Patienten ohne Heizmatte verläuft.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
durchschnittliche Hauttemperatur im Plateaubereich	34,1	34,1
Schwankungs-bereich	32,1-35,6	31,5-35,2

Tab. 4: Temperaturniveau der Hauttemperaturen an Ober- und Unterschenkel im Bereich des Temperatuplateaus bei Patienten mit Heizmatte.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
durchschnittliche Hauttemperatur im Plateaubereich	32,5	31,4
Schwankungs-bereich	30,9-34,1	30,6-33,0

Tab. 5: Temperaturniveau der Hauttemperaturen an Ober- und Unterschenkel im Bereich des Temperaturplateaus bei Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980)).

Patienten mit Heizmatte	ansteigender oder waagrechter Verlauf
Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980))	abfallender oder waagrechter Verlauf

Tab. 6: Verlauf der Hauttemperaturkurven im Plateaubereich bei Patienten mit und ohne Heizmatte. Der Kurvenverlauf wurde dabei in drei Kategorien eingeteilt: waagrecht, ansteigend oder abfallend.

Der postoperative Abfall der Hauttemperatur erfolgt von höheren Temperaturwerten aus, wenn eine Heizmatte verwendet wurde. Das Gefälle zur Raumtemperatur ist größer, entsprechend ist auch der postoperative Abfall nach Anwendung der Heizmatte ausgeprägter als ohne Heizmatte.

°C	Oberschenkel	Unterschenkel
Ausmaß des postoperativen Temperaturabfalls, gemittelt v. höchsten zum tiefsten Wert	-1,9	-2,0
Schwankungsbereich des postoperativen Abfalls	0,9-2,8	0,4-3,4
niedrigste Hauttemperatur des postoperativen Abfalls	32,9	32,6
Schwankungsbereich der niedrigsten Temperaturen	31,7-35,4	29,8-33,8

Tab. 7: Postoperativer Temperaturabfall und niedrigste Hauttemperaturen des postoperativen Hauttemperaturabfalls an Ober- und Unterschenkel bei Patienten mit Heizmatte.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
Ausmaß des postoperativen Temperaturabfalls, gemittelt vom höchsten zum tiefsten Wert	-1,4	-1,3
Schwankungsbereich des postoperativen Abfalls	0,1-3,2	0,2-4,1
niedrigste Temperatur des postoperativen Abfalls	31,5	30,9
Schwankungsbereich der niedrigsten Temperaturen	28,1-33,8	29,4-33,0

Tab. 8: Postoperativer Temperaturabfall und niedrigste Hauttemperaturen des postoperativen Hauttemperaturabfalls an Ober- und Unterschenkel in °C, bei Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980)).

Obwohl der relative Temperaturabfall direkt nach Operationsende (postoperativer Temperaturabfall) bei Patienten mit Heizmatte größer ist als bei Patienten ohne Heizmatte, werden keine so tiefen absoluten Werte erreicht, wenn die Heizmatte verwendet wurde. Das erklärt sich dadurch, daß bei Verwendung einer Heizmatte das Niveau der Hauttemperaturen während der Abklemmung der Aorta abdominalis höher ist. Der Anstieg der Hauttemperaturen im postoperativen Überwachungszeitraum (postoperativer Anstieg) ist bei den Patienten mit Heizmatte geringer, da die Endwerte der Hauttemperaturen am Ende der Meßperiode unabhängig von der Verwendung der Heizmatte sind, während der postoperative Temperaturabfall keine so tiefen absoluten Werte der Hauttemperaturen erreicht.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
Ausmaß des postoperativen Anstiegs der Hauttemperatur v. tiefsten zum höchsten Wert	3,6	4,0
Schwankungsbereich des postoperativen Anstiegs	1,3-6,7	1,4-8,2

Tab. 9: Postoperativer Anstieg der Hauttemperaturen vom tiefsten Punkt des postoperativen Abfalls bis zum Endwert der Hauttemperaturen am Ende des Überwachungszeitraumes an Ober- und Unterschenkel bei Patienten mit Heizmatte.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
Ausmaß des postoperativen Anstiegs der Hauttemperatur vom tiefsten zum höchsten Wert	+4,8	+5,6
Schwankungsbereich des postoperativen Anstiegs	2,7-6,7	2,8-8,9

Tab. 10: Postoperativer Anstieg der Hauttemperaturen vom tiefsten Punkt des postoperativen Abfalls bis zum Endwert der Hauttemperaturen am Ende des Überwachungszeitraumes an Ober- und Unterschenkel bei Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980)).

VI.1.4. ÄNDERUNGEN DER REKTAL-HAUT-TEMPERATUR-DIFFERENZ WÄHREND DER ÜBERWACHUNG

Der Verlauf der Haut- und Rektaltemperaturkurven bei Verwendung der Heizmatte zeigt nicht nur jeweils ein höheres Niveau, sondern die Differenz zwischen Haut- und Rektaltemperatur ist auch geringer. Die kleinere Haut-Rektal-Temperaturdifferenz kommt durch die vergleichweise stärkere Anhebung des Niveaus der Hauttemperaturkurven zustande. Diese Aussagen beziehen sich auf den intraoperativen Teil der Temperaturkurvenverläufe sowie auf den direkt postoperativen Hauttemperaturabfall, mit gleichzeitigem Anstieg der Rektaltemperatur.

°C	Oberschenkel	Unterschenkel
Rektal-Haut-Temperatur-differenz zu Beginn des Überwachungszeitraumes	3,6	4,4
Rektal-Haut-Temperatur-differenz am Ende des Überwachungszeitraumes	1,1	1,3

Tab. 11: Differenzen zwischen Rektal- und Hauttemperaturen zu Beginn und am Ende des Überwachungszeitraumes an Ober- und Unterschenkel bei Patienten mit Heizmatte.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
Rektal-Haut-Temperatur-Differenz zu Beginn des Überwachungszeitraumes	3,8	4,2
Rektal-Haut-Temperatur-differenz am Ende des Überwachungszeitraumes	1,3	1,2

Tab. 12: Differenzen zwischen Rektal- und Hauttemperaturen zu Beginn und am Ende des Überwachungszeitraumes an Ober- und Unterschenkel bei Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980)).

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
mittlere Rektal-Haut-Temperaturdifferenz	0,7	1,0
Schwankungsbereich	0,2-1,0	0,2-2,8

Tab. 13: Darstellung der mittleren Rektal-Haut-Temperaturdifferenz, gemessen im Bereich des Plateaus der beiden Temperaturkurvenverläufe an Ober- und Unterschenkel bei Patienten mit Heizmatte.

°C	Ober-schenkel	Unter-schenkel
mittlere Rektal-Haut-Temperaturdifferenz	1,0	1,4
Schwankungsbereich	0,1-2,0	0,4-2,0

Tab. 14: Darstellung der mittleren Rektal-Haut-Temperaturdifferenz, gemessen im Bereich des Plateaus der beiden Temperaturkurvenverläufe an Ober- und Unterschenkel bei Patienten ohne Heizmatte (nach ARMANN (1980)).

VII. EINZELDARSTELLUNGEN

Die Methode der prae-, intra- und postoperativen Temperaturüberwachung erfordert eine genaue Interpretation der jeweiligen Kurvenverläufe. Dadurch erst wird diese Methode klinisch relevant. Im folgenden werden daher die Temperaturkurven von drei Patienten beschrieben, wobei insbesondere die Korrelation zu den prae- und postoperativen angiographischen Befunden von Bedeutung ist.

Folgende Abkürzungen dienen zur einfacheren Beschreibung der Temperaturkurvenverläufe in diesem Kapitel:

Li-O: Hauttemperatur an einer Meßstelle am linken Oberschenkel, die lateral am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel liegt.

Re-O: Hauttemperatur an einer Meßstelle am rechten Oberschenkel mit entsprechender Lokalisation wie Li-O.

Li-U: Hauttemperatur an einer Meßstelle am linken Unterschenkel, die lateral/vorn in der Mitte zwischen Knie- und Sprunggelenk liegt.

Re-U: Hauttemperatur an einer Meßstelle am rechten Unterschenkel mit entsprechender Lokalisation wie Li-U.

Die Angiogramme sind nach einem Schema ausgewertet, das die verschiedenen pathologischen Gefäßveränderungen (Stenosen, Verschlüsse) und deren Folgen (Kollateralen) in übersichtlicher Weise darstellt. Die angiographischen Befunde werden dabei in folgender Weise verschlüsselt:

1. Zahl = Beurteilung der Gefäßlumina:

   1 = frei durchgängig
   2 = mäßig stenosiert
   3 = stark stenosiert
   4 = verschlossen

2. Zahl = Beurteilung der kollateralen Überbrückung

   0 = keine Kollateralen
   1 = gute kollaterale Überbrückung
   2 = mäßige kollaterale Überbrückung
   3 = schlechte kollaterale Überbrückung
   4 = keine kollaterale Überbrückung

Die Lokalisation des Strombahnhindernisses ist in dem Schema an entsprechender Stelle eingezeichnet, ebenso ist eine kollaterale Überbrückung arterieller Gefäßstenosen durch Pfeile gekennzeichnet.

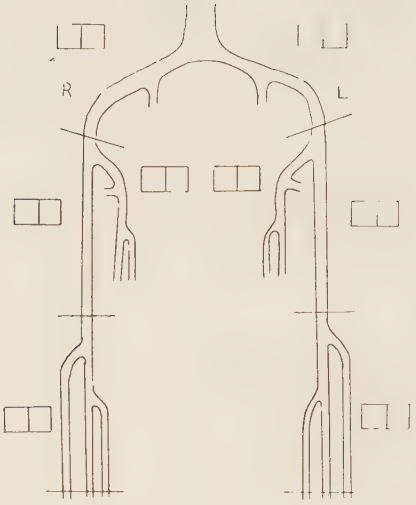

Abb. 6: Stilisierte Darstellung der unteren Extremität mit Angabe der Arterienverläufe und schematisierten angiographischen Gefäßbefunden.

VII. 1. PATIENT H. K.

VII. 1. 1. Operationsverlauf

Die Implantation einer aortobifemoralen Dacron-Gefäßprothese erfolgte mit einer proximalen End-zu-End-Anastomose und distalen End-zu-Seit-Anastomosen jeweils mit der A. fem. comm. direkt proximal der Teilungsstelle.
Im Verlauf der Operation mußte eine Thrombektomie durchgeführt werden, da es bereits kurz nach der Beendigung der Gefäßrekonstruktion zu einem thrombotischen Verschluß des linken Prothesenschenkels und der A. fem. sin. kam.

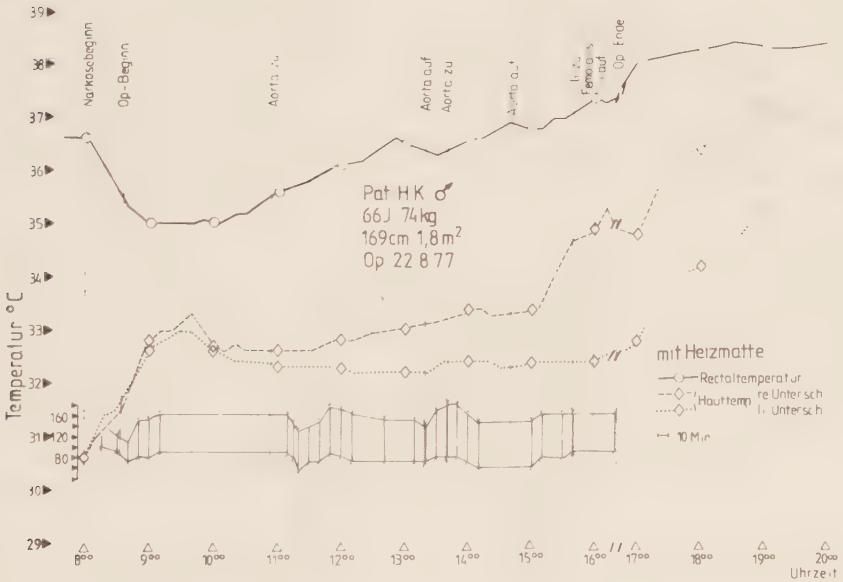

Abb. 7: Haut- und Rektaltemperaturkurven des Patienten H. K. zusammen mit RR-Verlauf, Markierung wichtiger Zeitpunkte im Überwachungszeitraum.

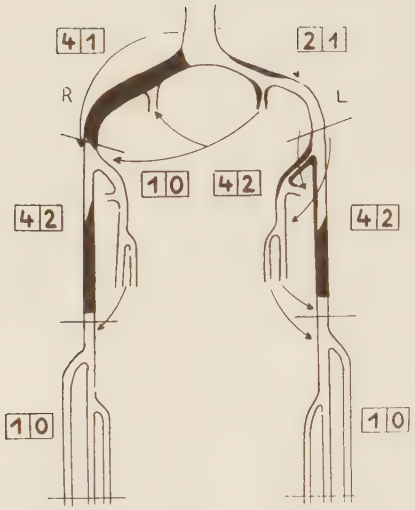

Abb. 8: Präoperatives Angiogramm des Patienten H. K.

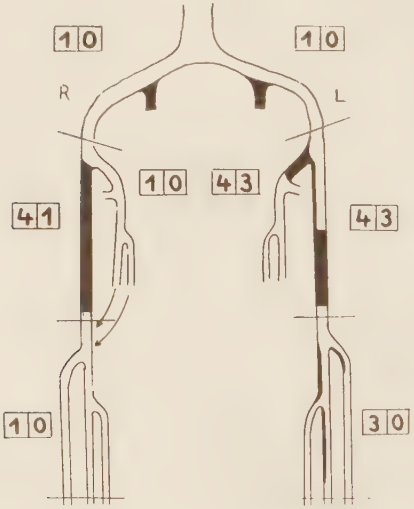

Abb. 9: Postoperatives Angiogramm des Patienten H. K.

VII.1.2. Beschreibung des Temperaturkurvenverlaufs (siehe Abb. 7)

Bei diesem Patienten wurde außer der Rektaltemperatur nur die Hauttemperatur an den beiden Unterschenkeln gemessen. Der Verlauf des Plateaus der Hauttemperaturkurve ab "Aorta zu" ist Li-U waagrecht ($\pm$ 0,1°C), Re-U leicht ansteigend (0,5°C in 2 Std. 24 Min.).

Nach endgültiger Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn kommt es mit einer Verzögerung von 24 Min. Re-U zu einem steilen Anstieg der Hauttemperaturkurve (1,0°C in 20 Min.), während Li-U im gleichen Zeitraum keine Veränderung stattfindet.

Die A. fem. sinistra zeigt keine Pulsation.

10 Min. später, nach dem Verschluß des Abdomens, wird die periphere Anastomose im linken Leistenbereich noch einmal eröffnet und ein Thrombus entfernt. Nach der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn des linken Beines steigt die Hauttemperatur Li-U innerhalb von 20 Min. bis zum Ende der Operation nur verzögert um lediglich 0,1°C an. Danach zeigt sich jedoch ein rascher und ausgeprägter Temperaturanstieg. Re-U ist die Hauttemperatur die ganze Zeit über kontinuierlich weiter angestiegen, wobei ein Gesamtanstieg von 1,9°C zu verzeichnen ist bezogen auf den Zeitpunkt der endgültigen Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen nach der Gefäßrekonstruktion.

	Ausmaß des Anstiegs der Hauttemperatur
Li-U	0,1
Re-U	1,9

Tab. 15: Anstieg der Hauttemperatur Li-U und Re-U in ^{o}C beim Patienten H.K.
Angegeben ist der Gesamtanstieg der Hauttemperaturen von der endgültigen Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen bis zum Ende der Operation; Zwischenzeitlich wurde in der A. fem. sin. eine Thrombektomie durchgeführt.

10 Min. vor dem Ende der Operation fällt die Hauttemperatur Re-U um $0,4^{o}C$ ab. Dies geht parallel mit einem Rektaltemperaturabfall um $0,1^{o}C$.
Im postoperativen Hauttemperaturverlauf ist zunächst eine auffallend große Links-Rechts-Differenz von mehr als $2^{o}C$ zwischen den beiden Unterschenkeln nachzuweisen, wobei die Hauttemperatur Li-U tiefer als Re-U ist. Die Anstiegssteilheit beider Kurvenverläufe ist gleich. Am Ende der Meßperiode hat sich die Differenz bis auf $0,9^{o}C$ verkleinert.

VII. 1.3. Interpretation des Temperaturkurvenverlaufs

Das unterschiedliche Verhalten der Hauttemperaturen der beiden Unterschenkel erklärt sich durch eine unterschiedliche periphere Durchblutung der beiden Gefäßgebiete.
Der thrombotische Verschluß des linken Prothesenschenkels und der A. fem. sinistra führt zu einer starken Einengung der

Einstrombahn des linken Beines und dadurch zu einem hohen Einstromwiderstand. Da das Ausmaß der Durchblutung umgekehrt proportional zum Einstromwiderstand ist, ist die periphere Durchblutung des linken Beines nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn im Vergleich zur Gegenseite geringer.
Nach der Thrombektomie kommt es zu einem, zwar verzögerten, aber dann doch raschen und ausgeprägten Temperaturanstieg Li-U.

Der Temperaturabfall Re-U, der kurz vor dem Ende der Operation registriert wird, beruht wohl darauf, daß 10 Min zuvor die Strombahn des linken Beines nach durchgeführter Thrombektomie wieder freigegeben wurde. Der nun herabgesetzte Einstromwiderstand des Gefäßgebietes der linken unteren Extremität hat eine Umverteilung der Blutströme zwischen den Strombahnen der beiden Beine zur Folge. Da bei gegebenem Herzzeitvolumen die Zunahme der Durchblutung des linken Beines nur auf Kosten der Durchblutung des rechten erfolgen kann, kommt es nach der Wiedereröffnung der Einstrombahn des linken Beines zu einer Verminderung der peripheren Durchblutung des rechten Beines. Dieses Phänomen wird als kontralateraler Steal-Effekt bezeichnet.
Im postoperativen Überwachungszeitraum könnte der stark verzögerte Hauttemperaturanstieg Li-U darauf zurückzuführen sein, daß die Verschlüsse der A. fem. superf. und prof. sin. nach der Gefäßrekonstruktion fortbestehen, nun aber schlechter kollateralisiert sind (siehe Abb. 9). Die periphere Durchblutung des linken Unterschenkels ist dadurch reduziert.

VII. 2. PATIENT A.G.

VII. 2. 1. Operationsverlauf

Die Implantation einer aortobifemoralen Dacron-Gefäßprothese erfolgte mit einer proximalen End-zu-End-Anastomose, einer distalen End-zu-End-Anastomose mit der A. fem. prof. sin, sowie einer distalen End-zu-Seit-Anastomose mit der A. fem. comm. dextra, unmittelbar proximal der Teilungsstelle.

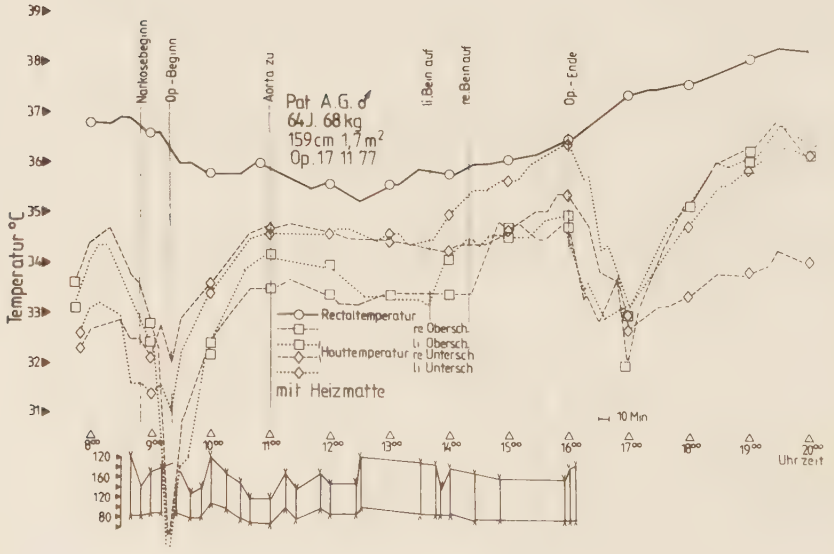

Abb. 10: Haut- und Rektaltemperaturkurven des Patienten A.G.; zusammen mit RR-Verlauf; Markierung wichtiger Zeitpunkte im Überwachungszeitraum.

VII. 2.2. Beschreibung des Temperaturkurvenverlaufs

Die Hauttemperaturkurven der beiden Oberschenkel verlaufen typisch, ebenso die des linken Unterschenkels. Nach der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen steigen diese Hauttemperaturkurven steil an, der Anstieg flacht im weiteren Verlauf ab. Der Anstieg der Hauttemperatur Re-U erfolgt dagegen verzögert und weit weniger ausgeprägt.

	10 Min.	20 Min.	30 Min.	OP-Ende
Li-U	0,3	0,5	0,7	1,9
Re-U	kein Anstieg	0,1	0,2	1,0

Tab. 16: Anstieg der Hauttemperatur Li-U und Re-U beim Patienten A.G.; angegeben ist der Temperaturanstieg 10, 20 und 30 Min nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen und bei Operationsende.

In der postoperativen Anstiegsphase verläuft die Hauttemperaturkurve Re-U deutlich flacher als Li-U. Die beiden Kurven laufen scherenförmig auseinander.
Am Ende des Überwachungszeitraumes beträgt die Seitendifferenz der Hauttemperaturen an den Unterschenkeln 2,1°C mit einem ausgesprochen tiefen Temperaturwert Re-U von 34,1°C.

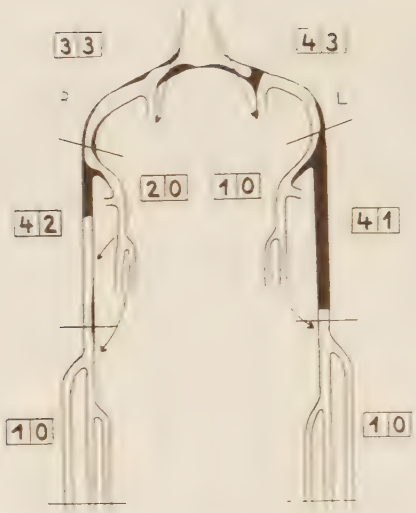

Abb. 11: Präoperatives Angiogramm des Patienten A.G.

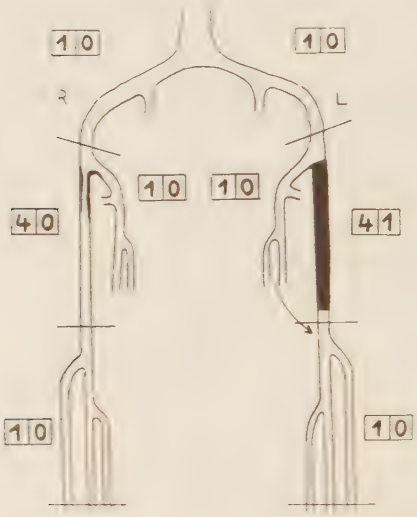

Abb. 12: Postoperatives Angiogramm des Patienten A.G.

VII. 2.3. Interpretation des Temperaturkurvenverlaufs

Der nur durch mäßige Kollateralisierung überbrückte Verschluß der A. fem. superf. dextra (siehe Abb. 11) stellt einen erheblichen Einstromwiderstand für das Gefäßgebiet des rechten Unterschenkels dar. Auf der linken Seite liegt ebenfalls ein kompletter Verschluß der entsprechenden Arterie vor, doch ist dieser gut kollateralisiert, wodurch der Einstromwiderstand in den linken Unterschenkelbereich im Vergleich zur Gegenseite weitaus geringer ist.

Bei der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn nach der Gefäßkonstruktion im Beckenbereich verteilt sich der Blutstrom entsprechend den anatomischen Voraussetzungen der Gefäßstrombahnen auf die beiden Gefäßgebiete der unteren Extremität. Da das Ausmaß der Durchblutung eines Beines umgekehrt proportional zum Einstromwiderstand ist, den das betreffende Gefäßgebiet dem Blutstrom entgegensetzt, ist die periphere Durchblutung im rechten Unterschenkelbereich herabgesetzt. Das kommt im verzögerten, flachen und wenig ausgeprägten Hauttemperaturanstieg Re-U im Vergleich zur Gegenseite zum Ausdruck.

Im weiteren Verlauf wird auch das Hauttemperaturverhalten Re-O beeinflußt, weil durch den Verschluß der A. fem. superf. dextra der Gesamteinstromwiderstand des Gefäßgebietes des rechten Beines mit der kontinuierlichen Zunahme der Durchblutung nach der Wiedereröffnung der Einstrombahn ebenfalls ansteigt. Das führt dazu, daß der Blutstrom allmählich zugunsten der Gegenseite, der linken unteren Extremität, umverteilt wird. Die Verbesserung der peripheren Durchblutungsverhältnisse des einen Beines auf Kosten des anderen drücken sich im

Hauttemperaturverhalten aus: Abflachung der Hauttemperaturkurve Re-O mit einer muldenförmigen Einsenkung nach dem vorausgegangenen steilen Anstieg, und parallel dazu eine Zunahme der Steilheit des Kurvenverlaufs Li-O und ein kontinuierlicher steiler Anstieg der Hauttemperaturkurve Li-U. Im postoperativen Verlauf erkennt man den gleichen Zusammenhang wieder: Re-U verläuft die Hauttemperaturkurve erheblich flacher und bleibt im Vergleich zur Gegenseite auf einem niedrigeren Niveau (starke Einengung der A. fem. superf. dextra). Re-O kann man allerdings keine Besonderheiten des Hauttemperaturverhaltens mehr erkennen.

VII. 3. PATIENT A. K.

VII. 3. 1. Operationsverlauf

Die Implantation einer aortobifemoralen Dacron-Gefäßprothese erfolgte mit einer proximalen End-zu-End-Anastomose, einer distalen End-zu-Seit-Anastomose mit der A. fem. comm. sinistra unmittelbar proximal der Teilungsstelle, sowie einer distalen End-zu-End-Anastomose mit der A. fem. prof. dextra. Zusätzlich wurde ein rechtsseitiger femoro-poplitealer Bypass geschaffen.
Es handelt sich um eine Dacron-Gefäßprothese.

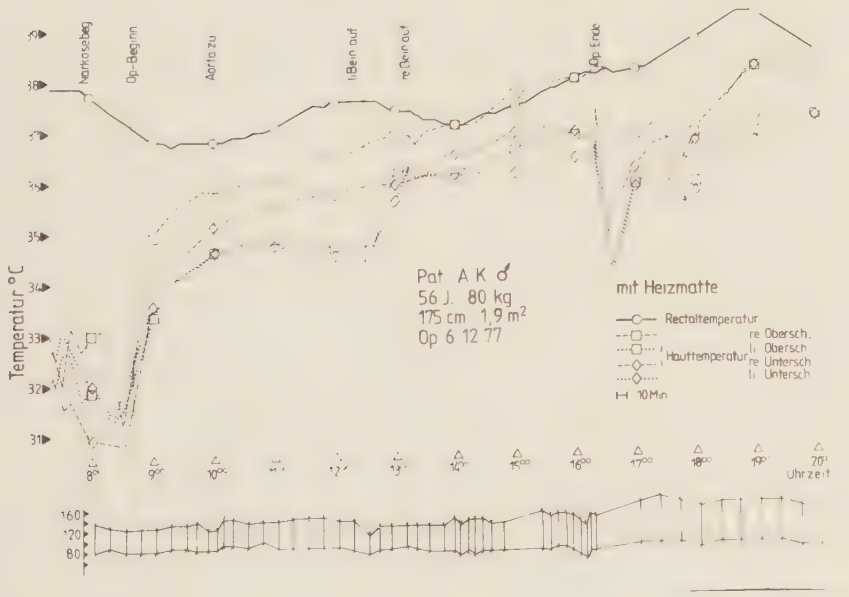

Abb. 13: Haut- und Rektaltemperaturkurven des Patienten A. K.; zus. mit RR-Verlauf; Markierung wichtiger Zeitpunkte im Überwachungszeitraum.

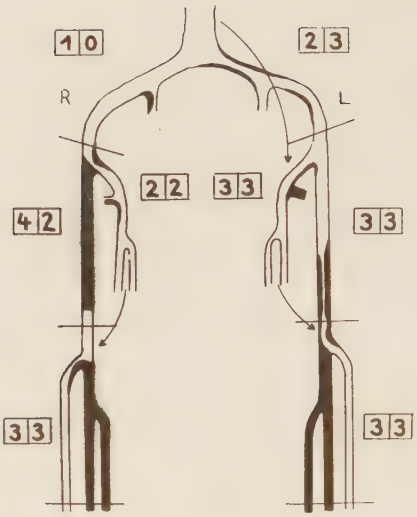

Abb. 14: Präoperatives Angiogramm des Patienten A. K.

Ein postoperatives Angiogramm liegt nicht vor, da es zur Amputation kam.

VII. 3.2. Beschreibung des Temperaturkurvenverlaufs (siehe Abb. 13)

Der Verlauf der Hauttemperaturkurven im Plateaubereich nach der Abklemmung der Aorta abdominalis ist am linken Bein waagrecht, rechts dagegen kontinuierlich ansteigend. In der Anstiegsphase der Hauttemperaturkurven nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen zeigt sich Li-U und Re-U ein deutlicher Seitenunterschied in bezug auf die Anstiegssteilheit und das Aus-

maß des Anstiegs der Temperaturkurven mit den geringeren Werten Re-U, wo der Hauttemperaturanstieg außerdem verzögert einsetzt.

	12 Min.	20 Min.	40 Min.	OP-Ende
Re-U	0,2	0,4	0,5	1,4
Li-U	0,4	0,8	1,8	2,2

Tab. 17: Temperaturanstieg in ^{o}C Li-U und Re-U zu verschiedenen Zeitpunkten nach Wiedereröffnung der jeweiligen arteriellen Strombahn.

Zu beachten ist allerdings, daß die Differenz zwischen der Rektaltemperatur und den Hauttemperaturen im Moment der Wiedereröffnung der jeweiligen Strombahn sehr unterschiedliche Werte aufweist: Re-U beträgt sie 1,4^{o}C, Li-U dagegen 2,9^{o}C.

Ferner ist auf eine Besonderheit im Verlauf der Hauttemperaturkurve Li-U hinzuweisen. Die arterielle Strombahn des linken Beines wird zuerst eröffnet, die des rechten Beines 45 Min. später. Im Moment der Wiedereröffnung der Strombahn des rechten Beines erfolgt Li-U ein Temperaturabfall um 0,2^{o}C mit nachfolgendem Plateau. Diese Reaktion unterbricht den steilen Anstieg der Hauttemperatur Li-U. Re-U beginnt der flache Anstieg mit einer Verzögerung von 10 Min. (Kreislaufreflex?). Das gleiche Phänomen ist Li-O und Re-O zu beobachten.

	5 Min.	12 Min.	20 Min.	40 Min.	OP-Ende
Li-O	0,0	0,4	1,2	1,5	2,2
Re-O	- 0,2	0,0	0,1	0,2	1,3

Tab. 18: Temperaturanstieg in ^{o}C Li-O und Re-O zu verschiedenen Zeitpunkten nach Wiedereröffnung der jeweiligen arteriellen Strombahn

Der Anstieg der Hauttemperatur Li-O beginnt mit einer Verzögerung von 8 Min., ist dann aber sehr steil und ausgeprägt. Bei Eröffnung der Strombahn des rechten Beines, 45 Min. später, setzt Li-O ein protrahierter Temperaturabfall ein (0,8^{o}C in 45 Min.). Gleichzeitig erscheint im Kurvenverlauf Re-O eine Zacke (Temperaturabfall um 0,2^{o}C), die dem unmittelbar folgenden flachen und wenig ausgeprägten Anstieg der Hauttemperatur vorausgeht.
Im weiteren Verlauf der Anstiegsphase der Hauttemperaturkurven kommt es Li-O erneut zu einem Temperaturanstieg, der jedoch flacher ist als der Anstieg der Hauttemperatur zu Beginn der Anstiegsphase.
Auch in bezug auf die beiden Meßpunkte Li-O und Re-O sind die Rektal-Haut-Temperaturdifferenzen zum Zeitpunkt der Wiedereröffnung der jeweiligen arteriellen Strombahn sehr unterschiedlich: Li-O beträgt die Differenz 2,9^{o}C, Re-O dagegen nur 0,5^{o}C. Zeitweise liegt die Hauttemperatur Re-O sogar 0,3^{o}C über der Rektaltemperatur.

Der postoperative Temperaturkurvenverlauf ist im wesentlichen unauffällig. Eine Reihe von Zacken treten auf, einmal gleichzeitig an allen vier Meßstellen, ein andermal nur Li-O und Li-U. Außerdem kommt es zu einem ungewöhnlich hohen Anstieg der

Rektaltemperatur auf 39,3°C mit einem anschließenden Temperaturabfall bis zum Ende des vierstündigen postoperativen Überwachungszeitraumes. Die Hauttemperaturkurven begleiten diesen Verlauf.

VII. 3.3. Interpretation des Temperaturkurvenverlaufs

Die außerordentlich stark ausgeprägten Seitenunterschiede im Verlauf der Hauttemperaturkurven während der Anstiegsphase nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahnen können in diesem Fall nicht durch ein entsprechendes Korrelat im präoperativen Angiogramm (siehe Abb. 14) erklärt werden. Der verzögerte, flache und wenig ausgeprägte Anstieg der Hauttemperaturkurve des rechten Beines nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn beruht also nicht auf einer durch Stenosen der großen arteriellen Gefäße im Bereich der rechten unteren Extremität herabgesetzten peripheren Durchblutung. Es dürfte im Gegenteil sogar so sein, daß der Einstromwiderstand der Strombahn des rechten Beines geringer ist als der der Gegenseite, da rechtsseitig zusätzlich ein femoro-popliteales Bypaß angelegt wurde.

Die periphere Durchblutung, die Blutversorgung der Gewebe im Bereich der rechten unteren Extremität konnte bei diesem Patienten durch die Implantation einer aortobifemoralen Gefäßprothese offensichtlich nicht verbessert werden, denn es kam zur progredienten Gangrän. 3 Wochen nach der Operation mußte der rechte Unterschenkel, weitere sieben Wochen später auch der rechte Oberschenkel amputiert werden. Der pathologisch-histologische Befund der amputierten Extremität beschreibt

eine schwere, obliterierende, auch die kleineren Arterien erfassende Arteriosklerose.

Es ist anzunehmen, daß die arterielle Verschlußerkrankung in diesem Fall auch an der peripheren Strombahn so weit fortgeschritten war, daß eine Verbesserung der Perfusion in den großen arteriellen Gefäßen keine verbesserte Blutversorgung der Gewebe mehr zur Folge haben konnte.

Die tatsächlichen Verhältnisse der peripheren Durchblutung nach der Gefäßrekonstruktion im Beckenbereich spiegeln sich im Verhalten der Hauttemperaturen der unteren Extremität wider: Die Hauttemperaturkurven steigen am linken Bein steil und ausgeprägt an, am rechten Bein dagegen verzögert, flacher und weniger ausgeprägt. Dieses Verhalten der Hauttemperaturen ist paradox im Hinblick auf die Strömungswiderstände in den großen arteriellen Gefäßen und hat den Charakter eines prognostischen Hinweises.

Im postoperativen Überwachungszeitraum wurden im Zusammenhang mit mehrmaligem Auf- und Zudecken des Patienten Hauttemperaturschwankungen registriert, die durch Abkühlung der Haut mit begleitender Vasokonstriktion der Hautgefäße zu erklären sind.

Der postoperative Anstieg der Körperkerntemperatur führt bis in den Bereich der Hyperthermie mit einem Maximalwert der Rektaltemperatur von 39,3°C. Nach der Verabreichung von Novalgin sinkt die Rektaltemperatur wieder ab, da diese Substanz die thermoregulatorischen Zentren im Hypothalamus entsprechend beeinflußt (Herabsetzung des Sollwertes im Regelkreis der Temperaturregulation).

Bei diesem Patienten traten im intraoperativen Verlauf der Hauttemperaturen einige Besonderheiten auf:

- Die Rektal-Haut-Temperaturdifferenz zwischen dem rechten Bein und dem Körperkern zum Zeitpunkt der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn ist erheblich kleiner (Re-O: 0,5°C; Re-U: 1,4°C), als die gleiche Temperaturdifferenz zwischen linkem Bein und Körperkern (Li-O: 2,9°C; Li-U: 2,9°C).
Wenn man davon ausgeht, daß die Wiedererwärmung eines, während der Dauer der Aortaabklemmung ausgekühlten Beines durch den Bluteinstrom aus dem Bereich des Körperkerns um so rascher erfolgt, je größer die Temperaturdifferenz zwischen dem Körperkern und dem betreffenden Bein ist, so bedeutet das, daß bei der Beurteilung der Anstiegsphase der Hauttemperaturkurven die Größe dieser Temperaturdifferenz berücksichtigt werden muß. Die geringe Temperaturdifferenz zwischen dem Körperkern und der Peripherie in bezug auf das rechte Bein kann also durchaus auch zum flacheren und weniger ausgeprägten Anstieg der Hauttemperaturkurven des rechten Beines nach der Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn beitragen.

- Zum Zeitpunkt der Eröffnung der arteriellen Einstrombahn des rechten Beines tritt an den Hauttemperaturkurven des bereits seit 45 Min. wieder durchbluteten linken Beines ein Temperaturabfall auf, gefolgt von einem Plateau, das in einen erheblich flacheren Temperaturanstieg im Vergleich zum Beginn der Anstiegsphase übergeht. Die steile und ausgeprägte Anstiegsphase der Hauttemperaturen des linken Beines nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn wird also zum Zeitpunkt der Eröffnung der Strombahn des rechten Beines unterbrochen. Es handelt sich hierbei um den sog. kontralateralen Steal-Effekt. Die Eröffnung der

arteriellen Strombahn des rechten Beines führt zu einer Umverteilung der Blutströme in den Gefäßen der unteren Extremität durch die "Zuschaltung" eines nicht oder nur in geringerem Ausmaß durchbluteten Gefäßgebietes.

- Unmittelbar nach Wiedereröffnung der arteriellen Strombahn des rechten Beines kommt es Re-O vor dem Hauttemperaturanstieg zu einem kurzzeitigen Temperaturabfall um $0,2^{o}C$. Es ist anzunehmen, daß dieses Phänomen durch Kreislaufregulationsvorgänge im Sinne der Vasokonstriktion verursacht wird, die durch die plötzliche Herabsetzung des peripheren Widerstandes im Gesamtkreislauf bei der Wiedereröffnung rekonstruierter arterieller Gefäße ausgelöst werden.

VIII. DISKUSSION

Bei langdauernden gefäßchirurgischen Operationen mit Rekonstruktion großer arterieller Gefäßabschnitte und Unterbrechung der Blutzirkulation großer Körpergebiete sind die Wärmeverluste des Patienten erheblich. Zusätzlich zum Operationsstreß entsteht dadurch für den Organismus eine enorme Belastung, um die Homöostase wiederherzustellen. Es erscheint daher notwendig, dem Körper intraoperativ Wärme zuzuführen, um die erheblichen Wärmeverluste zu kompensieren.
Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese Wärmezufuhr zu realisieren.
Der Wert der Verwendung einer Heizmatte oder eines ähnlichen Wärmesystems wird in der Literatur sehr unterschiedlich beurteilt (STEPHEN (1960);GOLDBLAT (1972); VALE (1972) und(1973);GOUDSOUZIAN (1973);MORRIS (1972);LEWIS (1972)). Das rührt daher, daß die Begleitumstände der Untersuchungen sehr unterschiedlich sind, und daß verschiedene Typen von Heizmatten oder ähnlichen Wärmesystemen verwendet werden.

Bei den dieser Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen wurde eine Gummimatte verwendet, die von einem erwärmten Äthanol-Wasser-Gemisch durchströmt wird und in ihren Abmessungen etwa der Größe des Operationstisches entspricht (siehe V.3.).

ARMANN (1980) führte ebenfalls Temperaturmessungen bei gefäßchirurgischen Patienten durch unter identischen Bedingungen lediglich ohne Verwendung einer Heizmatte (V./VI.). Ein Vergleich mit seinen Ergebnissen zeigt eindeutig die Vorteile, die sich aus der Verwendung der Heizmatte für den Patienten ergeben. Sie ist dazu geeignet, während langdauernder Gefäßoperationen dem Körper Wärme zuzuführen und damit

die Wärmebilanz des Organismus deutlich zu verbessern.

Bei Verwendung der Heizmatte fällt die Rektaltemperatur intraoperativ nicht so weit ab, sondern liegt um durchschnittlich 0,4°C höher als bei Patienten ohne intraoperative Wärmezufuhr. Außerdem ist der Rektaltemperaturverlauf durch ein Plateau im mittleren Teil geprägt, d.h. die Körperkerntemperatur stabilisiert sich auf einem bestimmten Niveau. Bei den Patienten ohne Heizmatte sinkt zum einen die Rektaltemperatur während der Operation tiefer ab, zum anderen verläuft die Rektaltemperaturkurve kontinuierlich abfallend bis zum postoperativen Wiederanstieg der Kerntemperatur.

Die Hauttemperaturen an Unter- und Oberschenkel zeigen ein ähnliches Verhalten. Sie liegen im Plateaubereich nach Abklemmung der Aorta um durchschnittlich 1,6°C am Ober- und um 2,7°C am Unterschenkel höher, wenn eine Heizmatte verwendet wird, wobei die Hauttemperaturkurven entweder ansteigend oder waagrecht verlaufen. Der postoperative Abfall der Hauttemperaturen, der auf einem höheren Niveau beginnt, erreicht einen Tiefstwert von durchschnittlich 32,8°C. Der Hauttemperaturanstieg im postoperativen Überwachungszeitraum beträgt nur durchschnittlich 3,8°C.
Der Verlauf der Hauttemperaturkurve im Plateaubereich bei den Patienten ohne Heizmatte ist entweder kontinuierlich abfallend oder waagrecht, gleichzeitig liegt das Temperaturniveau um 1,6°C am Ober- und 2,7°C am Unterschenkel niedriger. Der auf niedrigerem Niveau beginnende postoperative Abfall der Hauttemperatur erreicht seinen tiefsten Wert bei durchschnittlich 31,5°C am Ober- und bei 30,9°C am Unterschenkel. Dieser liegt also bei Patienten ohne Heizmatte

um durchschnittlich 1,3°C am Ober- und um 1,9°C am Unterschenkel niedriger. Dementsprechend steigt die Hauttemperatur im postoperativen Überwachungszeitraum um durchschnittlich 4,8°C am Ober- und um 5,6°C am Unterschenkel an, also erheblich ausgeprägter als bei den Patienten mit Heizmatte.

Die Rektal-Hauttemperaturdifferenz im Plateaubereich der Temperaturkurven nach Abklemmung der Aorta abdominalis beträgt bei Heizmattenverwendung durchschnittlich 0,8°C ohne Anwendung der Heizmatte 1,2°C.

Das Verhalten der Temperaturkurven weist darauf hin, daß während der Operation ein Wärmetransport von der Heizmatte zur Körperoberfläche des Patienten und von dort in den Bereich des Körperkerns stattfindet. Dadurch werden die intraoperativen Wärmeverluste deutlich gemindert, die Wärmebilanz des Organismus wird verbessert, die Gegenregulationen in der postoperativen Phase können auf einem günstigeren Ausgangsniveau beginnen.

IX. ZUSAMMENFASSUNG

Die kontinuierliche prä-, intra und postoperative Haut- und Rektaltemperaturmessung bei gefäßchirurgischen Patienten mit fortgeschrittener arterieller Verschlußerkrankung gestattet bei Berücksichtigung klinischer und angiographischer Befunde eine qualitative Beurteilung der peripheren Durchblutung.

Die vorliegenden Ergebnisse der nichtinvasiven peripheren und zentralen Temperaturmessung zeigen die klinische Bedeutung einer intraoperativen Wärmezufuhr bei zeitlich aufwendigen arteriellen Gefäßrekonstruktionen.

Die periphere und zentrale Temperaturmessung gestattet darüberhinaus eine Überwachung des Wärmehaushaltes und direkte Verlaufsbeobachtungen der peripheren Durchblutung nach Wiedereröffnung der rekonstruierten Gefäße.

X. LITERATURLISTE

ARMANN, M., Kontinuierliche Rectal- und Hauttemperaturmessung als nicht-invasive Überwachungsmethode gefäßchirurgischer Patienten; Dissertation, Chir. Universitätsklinik Würzburg, Direktor: Prof. Dr. E. Kern, 1980

ASCHOFF, J., Hauttemperatur und Hautdurchblutung im Dienst der Temperaturregulation, Klin. Wschr., 193, 1958

ASCHOFF, J., WEVER, R., Wärmeaustausch mit Hilfe des Kreislaufs; Dtsch. Med. Wschr., 1905, 1959

ASCHOFF, J., Energiehaushalt und Temperaturregulation Urban und Schwarzenberg, München, Berlin, Wien, 1971

BROCK, L., et al., Observations on peripheral and central temperatures with paricular reference to the occurence of vasoconstriction, Brit. J. Surg. 62, 589 - 595, 1975

CALVERT, D.G. et al., Inadvertent hypothermia in paediatric surgery and a method for its prevention, Anaesthesia, 17, 29, 1962

CLARK, R.E., Effect of environmental temperature, humidity, and anaesthesia system, J.A.M.A. 154, 311-319, 1954

COBET, R., Die Hauttemperatur des Menschen, Ergebnisse der Physiologie 25, 439, 1926

COHEN, M., An investigation into shivering following anaesthesia, Proc. R. Soc. Med. 60, 752, 1967

ENGELMAN, D.R. et al., Comparisons between temperature effects of ketamine and halothane anaesthesia in children, Anasth. Analg. - Curr. Res., 51, 98, 1972

EVANS, A.L. et al., Thermography in lower limb arterial disease, Clin. Radiol. 27, 383 - 388, 1976

FELDER, D. et al., Relationship in the toe of skin surface temperature to mean blood flow measured with a plethysmograph. Clin. Sci. 13, 251, 1954

FERRIS, B.G. et al., Relationship in the toe of skin surface temperature to mean blood flow measured with a plethysmograph. Am. J. Physiol. 150, 304, 1947

FONTAINE, R., M. KIM und R. KIENY, Die chirurgische Behandlung der peripheren Durchblutungsstörungen, Helv. Chir. Acta, 21, 499-533, 1954

FREEMAN, E.N., The effect of temperature and the rate of blood flow in the normal and in the sympathectomized hand, Am. J. Physiol. 113, 384, 1935

GOLDBERG, M. et al., Temperature changes during anaesthesia and operations, Arch. Surg. 93, 365 ff., 1966

GOLDBLAT, A., et al., Prevention of incidental hypothermia in neurosurgical patients, Anaest. Analg. Curr. Res., 51, 536-543, 1972

HARRISON, G.G. et al., Temperature changes in children during general anaesthesia, Brit. J. Anaesth. 32, 60, 1960

HENNING, R.J. et al., Measurement of toe temperature for assessing the severity of acute circulatory failure, Surg. Gyn. Obstetrics, 149, 1, 1979

HOLDCROFT A. and HALL, G.M., Heat loss during anaesthesia, Brit. J. Anaesth., 50, 157, 1978

IBSEN, B., Treatment of shock with vasodilatators measuring skin temperature on the big toe, Diseases of the Chest, 52, 425-429, 1967

KEIDEL, W.D., Lehrbuch der Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973

KERN, E. et WIEMERS, K., Chirurgische Pathophysiologie und Klinik der Temperaturregulation, Vortr. Prakt. Chirurgie, 58, 206, 1961

LEWIS, D.G. and MACKENZIE, A., Cooling major vascular surgery, Brit. J. Anaesth. 44, 859, 1972

MACHLE, W. and HATCH, T.F., Physiological response to heat, Physiol. Rev. 27, 200, 1947

MATTHEWS, H.R. et al., Significance of prolonged peripheral vasoconstriction afteropen-heart surgery, Thorax, 29, 343, 1974

MATTHEWS, H.R. et al., Peripheral vasoconstriction after open-heart surgery, Thorax, 29, 338, 1974

MOIR, D.D. et al., Halothane and postoperative shivering Anaesth. Analg. Curr. Res. 42, 423, 1963

MORRIS, RH. et al., The effects of warming blanket on maintenance of body temperature of the anaesthetized paralyzed adult patient, Anaesthesiology 36, 408-411, 1972

NAITO, H. et al., Skin and rectal temperatures during ether and halothane anaesthesia in infants and children, Anaesthesiology, 3, 237, 1974

OLESEN and FANGER, P.O., The skin temperature distribution for resting man in comfort, Arch.Sci. Physiol. 27, 385, 1976

RAMANATHAN, N.L., A new weighting system for mean surface temperature of the human body, J. Appl. Physiol., 19, 531, 1964

ROE, C.F et al., The influence of body temperature on early postoperative oxygen consumption, Surgery, 60, 85, 1966

ROSS, B.A. et al., Observations on central and peripheral temperatures in the understanding and management of shock, Brit. J. Surg. 56, 877, 1969

SEARLE, J.F., Incidental hypothermia during surgery for peripheral vascular disease, Brit. J. Anaesth. 43, 1095, 1971

Herrn Prof. Dr. med. M. Sperling danke ich für die Überlassung des Themas und für die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. med. E. Kern möchte ich für die Übernahme des Korreferates danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. H. Trusheim für die umfassende Unterstützung während der Durchführung der Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 14. März 1950 wurde ich als erstes von drei Kindern der Eheleute Alma und Otto Felkel in Münchberg geboren. Nach achtjährigem Volksschulbesuch in Sparneck begann ich im September 1964 beim Postamt Münchberg eine Ausbildung für den einfachen Postdienst, die ich im März 1967 beendete. Danach war ich noch bis Oktober 1967 beim Postamt Münchberg angestellt.

Ab November 1967 besuchte ich das Klemens-Hofbauer-Kolleg in Bad Driburg/Westf. Dort bestand ich im Juni 1971 die Abiturprüfung.

Zum Sommersemester 1972 schrieb ich mich an der Universität Würzburg für Theologie ein, beendete dieses Studium jedoch vorzeitig, als ich zum Wintersemester 1973/74 einen Studienplatz für Medizin erhielt.

Am 30. April 1980 bestand ich die ärztliche Prüfung. Seit 1. Juni 1980 bin ich Assistenzarzt an der chirurgischen Abteilung des St. Josef Krankenhauses in Schweinfurt.

Ich bin verheiratet und Vater von zwei Kindern.

Würzburg, den 18. Juni 1980

Andreas Staudenraus Druckerei GmbH · Münzstraße 4 · 8700 Würzburg